

ОСОБО НИЗКОЩЕЛОЧНОЙ
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ДЛЯ
БЕТОНОВ ДОРОЖНЫХ И
АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Л.Г. Бернштейн, Б. Э. Юдович

НЦ «Гипроцемент-Наука» (СПб)

ООО«Интехстром» (Москва)

Минералогический состав цемента по ГОСТ 55224-2012

(расчётный)

- **Трёхкальциевый алюминат (С3А) $\leq 7\%$**
- **Сумма С3А+С4АФ $\leq 24\%$**
- **Трёхкальциевый силикат (алит, С3S) $\geq 55\%$**
- **Обоснования:**
 - С3А снижает сульфато- и морозостойкость бетона;
 - Сумма С3А+С4АФ больше 24% снижает скорость гидратации алита;
 - С3S ниже 55% замедляет рост прочности цемента и повышает долю открытых пор в бетоне, снижая морозо- и водостойкость и повышая вероятность коррозии арматуры

Тонкость помола цемента по ГОСТ 55224-2012

- Удельная поверхность $S_{уд}$ 250 – 350 м²/кг.
- Основания: С.В.Шестопёров (1958): ниже – медленная гидратация цемента, рост капиллярной пористости, низкая сульфато- и морозостойкость; выше – высокие водопотребность, капиллярная пористость, усадка. **На деле:** вибродомол; при ≥ 350 м²/кг фракция ≤ 5 мкм $\geq 25\%$; фракция 5 - 30 мкм 45%; вредной фракции ≥ 30 мкм $\geq 30\%$
- Комментарии:
- G.Kühl (1961): ОПЦ 300 – 320; БТЦ до 350 м²/кг;
- Zement institut Düsseldorf (Jahrestagung 2014):
- ОПЦ 350 – 450; БТЦ 450 – 600 м²/кг;
- Основания: зерновые составы современных цементов:
 - ОПЦ фр ≤ 5 мкм $\approx 20\%$; фр 5 - 30 мкм $\approx 60\%$; фр. ≥ 30 мкм $\approx 20\%$;
 - БТЦ фр ≤ 5 мкм $\approx 25\%$; фр 5 - 30 мкм $\approx 70\%$; фр. ≥ 30 мкм $\approx 5\%$.

Содержание щелочных оксидов в цементе по ГОСТ 55224-2012

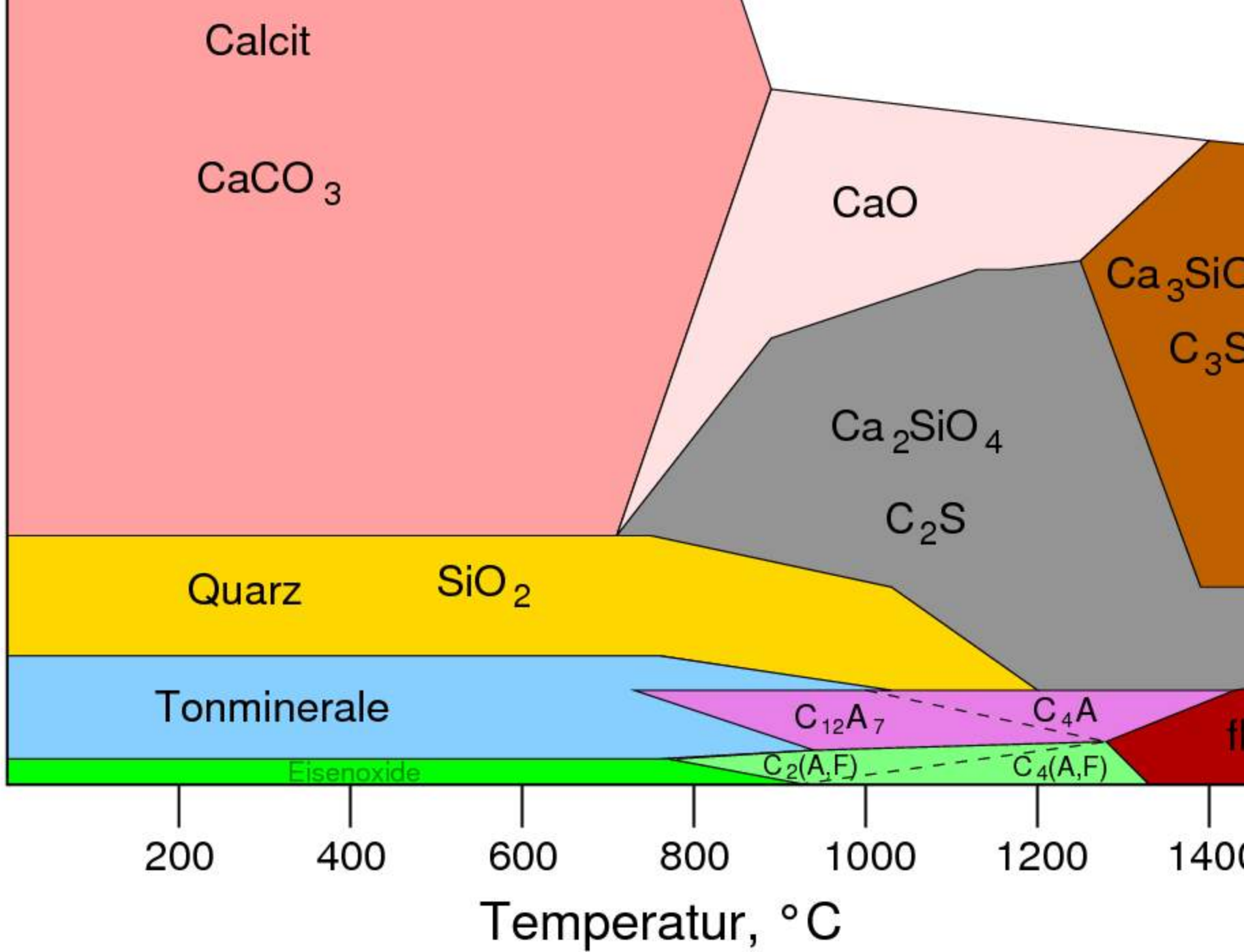
$R_{2O} = Na_2O + 0,658 K_2O \leq$

0,8%

Разрушение плотины BD

Основания: Stanton (1940):
бетон плотины Boulder Dam
(авария 1936) – из-за
реакции R_{2O} (цемента) + акт.
 SiO_2 (заполнитель): $R_{2O} \leq$
0,6%

Massenanteil im Ofen



Алиитообразование в клинкерном расплаве

• $C_2S + C = C_3S$ (термодинамически запрещена или нереальна)

1) $C_2S + C_3A \rightarrow C_3S + C_{12}A_7$ (майенит, с $\approx 1\%$ своб. ат. O);

2) $C_{12}A_7 + C \rightarrow C_3A$;

3) $C_2S + C_4AF \rightarrow C_3S + C_{12}A_7 + C_2F + CF$ (ферриты, с $\approx 1\%$ своб. FeO – моноксид Fe);

4) $C_{12}A_7 + C_2F + CF \rightarrow C_4AF$;

Клинкер: $C_3S + C_2S + C_3A + C_4AF$;

промежуточные

фазы: $C_{своб} + C_{12}A_7 + C_2F + CF$; вызывают: майенит

– л.схв.; рост В/Ц; коррозию арматуры; ферриты –

Щелочесодержащие фазы цемсырья

Клинкерные фазы, включающие катионы K и Na, отношение к расплаву

- **Силикаты: КС 23 S11 калиевый белит, н/р**
- **KCS кальсилит: растворим;**
- -- ограничивают алит: $C3S \leq 62\%$
- **Алюминаты: КС8 А3; NС8 А3: растворимы;**
-- аналоги майенита по влиянию и свойствам: л.схв.; высокая водопотребность и водоотделение; усадка; низкая сульфато- и морозостойкость

Гидратация цемента (начало) с 0,6% R2O

Концентрация в жидкой
фазе через 1 сутки:

K₂O 7 мг/л

Na₂O 5 мг/л

CaO 0,8 мг/л

SO₄²⁻ 2,1 мг/л

Микротрещины как результат реакции R2O цемента и акт. SiO2 песка (желтые зёрна)

Расширение (разрушение)
пропорционально
содержанию R2O, доле и
диаметру зёрен
активной части
заполнителя,
концентрации R2O в
жидкой части цемента .

Высолы

пропорциональны
содержанию Ca(OH)2 и
R2O, обратно пропор-
циональны содержанию
SO42 – в жидкой фазе
бетона.

Поверхность бетона после реакции

Реакционные дефекты в покрытиях мостов (расширение с выпиранием)

Реакционные дефекты

в дорожных разделителях, сопровождаемые
коррозией арматуры

Особо низкощелочной цемент: основные требования

- **C3S (алит) \geq**

62%

- **C3A**

(трёхкислотный шимор)

ТЕХНОЛОГИЯ

особо низкощелочного цемента

- 1. Низкощелочное сырьё (подбор) и резкое повышение его реакционной способности (тонкий помол, промоторы минералообразования)
- 2. Двухбарабанная вращающаяся печь по Бернштейну
- 3. Байпас отходящих газов и пылеподавление в печи за счёт новых конструкций теплообменных устройств по Бернштейну
- 4. Испарение H_2O путём добавки фторидов в

Спасибо за внимание!

<http://rucem.ru/presentation/>